

**MEJORA CONTINUA APLICADA A LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE
LA FUNDICIÓN DE PLACAS DE ALUMINIO EN ALÚMINA S.A.**

MANOSALVA SANDOVAL JESSICA DEL CARMEN



**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA
2014**

**MEJORA CONTINUA APLICADA A LAS TÉCNICAS Y PROCEDIMIENTOS DE
LA FUNDICIÓN DE PLACAS DE ALUMINIO EN ALÚMINA S.A.**

JESSICA MANOSALVA SANDOVAL

Proyecto De Grado Para Optar El Título De Ingeniero Industrial

Asesor: INGENIERO HAROLD PEREZ OLIVERA

**UNIVERSIDAD DE LA COSTA CUC
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BARRANQUILLA
2014**

Nota de Aceptación

Presidente del Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Barranquilla 6 de Marzo 2014

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mi meta, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a Dios, mi madre, mi esposo, mis hijos y mis hermanos.

Jessica Manosalva Sandoval

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradezco a Dios, por haberme guiado hasta el final de este camino, por darme la fuerza que necesitaba para terminar mi carrera. A mi madre por cada consejo que me dio y sus esfuerzos, porque a pesar de ser madre soltera logró poner en mí valores que fueron mi gran apoyo en cada obstáculo que me dio la vida. A mi esposo y mis hijos, por ser ese motor y fuente de inspiración para que cada día lograra la meta. Mis hermanos por su apoyo y consejos. A mis profesores por compartir sus conocimientos, al Ingeniero Harold Pérez Olivera, por su ayuda y dedicación en cada uno de los momentos que requería de él. A todos mis amigos y compañeros por el apoyo que me brindaron en el momento que lo necesite. A todos mil y mil gracias. Dios los bendiga.

Por ultimo quiero agradecer a la UNIVERSIDAD DE LA COSTA, CUC por brindarme su apoyo en todo momento, porque gracias a ella logré cumplir mi más grande sueño, ser una profesional. Al Dr. Tito José Crissien Borrero por su incondicional apoyo y su ayuda, a él debo gran parte de este triunfo, Dios lo bendiga hoy y siempre.

RESUMEN

En el presente proyecto se realiza el procedimiento de cambio de moldes para la elaboración de placas de aluminio, tomando como referencia la nueva tecnología implementada por Industrias Wagstaff quienes alrededor del mundo han implementado una tecnología de fundición de lingotes ajustables en países como Brasil, China, Holanda, Rusia, Australia, América del Sur, Taiwán, Reino Unido, Alemania, Croacia, Canadá y lo EEUU, en ésta tecnología se utiliza una plataforma de hierro para el ajuste de los moldes y poder tener 87 tamaños diferentes que pueden ser utilizados como moldes variables reduciendo el número de conjuntos de piezas para producir una gama de tamaños de lingotes laminados o placas. Todo esto con el fin de desarrollar una alta calidad en las placas y aumento del recobrado. Las placas o lingotes producidos por esta tecnología tienen un mínimo de curvatura en el extremo dando lugar a superficies superiores y altas tasas de recuperación. La alta calidad de estos lingotes utilizando esta tecnología genera ahorros significativos y recorte de las actividades de operación.

Dado lo anterior y teniendo en cuenta la problemática que presenta Alúmina en cuanto al aumento de las actividades de operación debido a la utilización de moldes fijos y que presenta una disminución en el recobrado, siendo este último el indicador por el cual se mide el proceso de acuerdo al estándar mundial e identifica la pérdida o ganancia del proceso se implementa esta tecnología en la empresa y de esta forma reflejar mejoras dentro del proceso productivo.

Palabras claves: Fundición, placas de aluminio, aluminio, horno, lingote.

ABSTRACT

In this project the mold change process for the preparation of aluminum plates is performed with reference to the new technology implemented by Wagstaff Industries around the world who have implemented technology adjustable cast ingots in countries like Brazil , China, Netherlands, Russia, Australia , South America , Taiwan, United Kingdom, Germany , Croatia , Canada and the U.S., this technology platform for setting iron molds are used and to have 87 different sizes that can be used as variables molds reducing the number of sets of parts to produce a range of sizes of rolled bars or plates . All this in order to develop a high quality in the plates recovered and increased. The plates or ingots produced by this technology has a minimum of curvature at the end surfaces leading to higher and high recovery rates. The high quality of these ingots using this technology generates significant savings and cut operating activities.

Given the above and taking into account the issues presented Alumina in terms of increased operating activities due to the use of fixed molds and presents a decrease in recovered, the latter being the indicator by which the process is measured according to the global standard and identifies the loss or gain of the process technology is implemented in the company and thus reflect improvements in the production process.

Keywords: Casting, aluminum plates, aluminum furnace, ingot.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	10
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
2. JUSTIFICACION	12
3. OBJETIVO.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL	13
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
4. DELIMITACIÓN.....	14
4.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL	14
4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	14
5. MARCO TEORICO.....	15
5.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	15
5.1.1 Aluminio	15
5.1.2 Fundición	16
5.1.3 Fusión y colada de placas.....	22
5.1.4 Fundición del aluminio	23
5.1.5 Tecnología de fundición	25
5.1.6 Reciclaje de aluminio	26
5.1.7 Hornos	27
5.1.8 Ventajas del calentamiento eléctrico.....	32
5.1.10 ¿Qué horno usar para qué proceso	36

6. MARCO LEGAL	37
7. LIMITACIONES	38
7.1 LIMITACIONES DE TIEMPO	38
7.2 LIMITACIONES DE ESPACIO	38
8. DESARROLLO DE ACTIVIDADES	39
8.1 MOLDES VARIABLES: UNA TECNOLOGÍA DE FUNDICIÓN DE LINGOTES AJUSTABLES.	39
8.1.1 Planteamiento del Problema	39
8.1.2 Procedimiento de cambio de medidas de moldes	40
8.1.3 Beneficios de los Moldes Variables	42
8.1.4 Aporte Específico: Porcentaje de Encogimiento de Anchos Variables	43
8.2 CARGUE DE HORNOS DE FUNDICION POR DENSIDADES	45
8.2.1 Planteamiento del Problema	45
8.2.2 Aporte Específico: Cargue de hornos de fundición por densidades	46
8.3 RECUPERACIÓN DE ALUMINIO EN LA ESCORIA	48
8.3.1 Planteamiento del Problema	48
8.3.2 Aporte específico: Recuperación del Aluminio en la escoria para transformarlo en lingotes	48
9. CONCLUSIONES	50
10. RECOMENDACIONES	51
11. GLOSARIO	52
BIBLIOGRAFÍA	53
ANEXOS	54

INTRODUCCION

El proceso de transferencia de tecnologías y administración en la última década ha venido creciendo paralelo al proceso de modernización del país, entrar a evaluar la eficacia de estas tecnologías necesariamente implica: revisar en primera instancia de manera exhaustiva el contexto socio económico en el cual emergen, de igual forma analizar las problemáticas que se presentan en el proceso de implementación y finalmente delimitar las características fundamentales de su objetivo o razón de ser.

Según los grupos gerenciales de las empresas japonesas, el secreto de las compañías de mayor éxito en el mundo radica en poseer estándares de calidad altos tanto para sus productos como para sus empleados; por lo tanto el control total de la calidad es una filosofía que debe ser aplicada a todos los niveles jerárquicos en una organización, y esta implica un proceso de mejoramiento continuo que no tiene final. Dicho proceso permite visualizar un horizonte más amplio, donde se buscará siempre la excelencia y la innovación que llevarán a los empresarios a aumentar su competitividad, disminuir los costos, orientando los esfuerzos a satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes.

En el presente informe daremos a conocer las mejoras que se han implementado a las actividades más relevantes dentro del proceso de la fundición de placas de la empresa Alúmina a través de técnicas y procedimientos que ofrecerán mejor calidad de los productos y mayor eficiencia dentro del proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del proceso productivo de fundición de placas se llevan a cabo procedimientos muy importantes como el cargue de los hornos que es la actividad inicial en esta área y se utilizan técnicas como cambio de moldes fijos para el diseño de placas por requisición de producto final para los clientes. Estos procedimientos y técnicas se realizaban de una manera inapropiada y poco eficiente aportando al proceso productivo como tal pérdida de tiempo y de calidad del producto, convirtiéndose el proceso productivo general poco eficiente y fuera del cumplimiento de objetivos planteados.

Igualmente dentro del procedimiento de vaciado de los hornos se generan residuos sólidos como la escoria que no son más que el subproducto indeseable en todos los procesos que involucran aluminio fundido. Esta por estar mezclada con el aluminio representa pérdidas para la organización de materias primas ya que se realizaban actividades directas de disposición y la pérdida de aluminio se encontraba alrededor del 4% de la carga inicial que pudiese presentar dicho horno.

2. JUSTIFICACION

El mejoramiento continuo es un proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo. La importancia de aplicar el mejoramiento continuo dentro de las técnicas y procedimientos del proceso productivo de fundición de placas radica en que con su aplicación se puede contribuir a mejorar las debilidades y afianzar las fortalezas del proceso como tal, logrando a través de esta ser más productivas y competitivas en el mercado al cual pertenece la organización, por otra parte se deben analizar los procesos utilizados, de manera tal que si existe algún inconveniente pueda mejorarse o corregirse; como resultado de la aplicación de esta técnica puede hacer que esta empresa crezcan dentro del mercado y hasta llegar a ser líderes.

El mejoramiento continuo es una herramienta que en la actualidad es fundamental para todas las empresas porque les permite renovar los procesos administrativos, lo cual hace que industrias como Alúmina estén en constante actualización; además, permite que las organizaciones sean más eficientes y competitivas, fortalezas que le ayudarán a permanecer en el mercado.

Es por esta razón que se considera la implementación del mejoramiento continuo dentro del proceso productivo de fundición de placas ya que serán aportes que se enmarcan dentro del contexto de la calidad del producto y satisfacción del cliente.

3. OBJETIVO

3.1 OBJETIVO GENERAL

Mejorar el proceso productivo de la empresa Alúmina S.A en el área de fundición, con el fin de aumentar la productividad y eficiencia dentro de los procesos realizados.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudios de métodos con el fin de identificar las técnicas que debemos mejorar.
- Establecer indicadores de producción que permitan la medición de la producción en el área de fundición.
- Identificar beneficios de la aplicación de la mejora continua para cada una de las técnicas y procedimientos planteados.

4. DELIMITACIÓN

4.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Las técnicas y recomendaciones que se presentan dentro del presente proyecto aplican a las actividades propias del cargue de los hornos, cambio de los moldes y el proceso de escoriación del área de fundición de placas de la empresa Alúmina S.A. Ubicada en la Calle 79 # 40-362 (vía 40) Barranquilla/Atlántico.

4.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Esta técnica y las actividades que se desprendan de la misma se llevan a cabo en un periodo de tiempo de 6 meses contemplado de Junio a Diciembre de 2013, pero cabe resaltar que estas actividades se seguirán desarrollando de manera continua para poder asegurar la eficiencia de las mismas.

5. MARCO TEORICO

5.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES

5.1.1 Aluminio

El aluminio es un elemento sumamente abundante en forma de óxido de aluminio o “alúmina”, la alúmina (Al_2O_3) forma el 15% de la costra terrestre y sólo el sílice es más abundante. Así que las reservas del mineral son casi ilimitadas. El mineral industrial más importante es la “bauxita” con un contenido de más del 50% de alúmina, y se encuentra principalmente en los trópicos.

El aluminio fue descubierto por Sir Humphrey Davy en 1809, habiendo sido aislado por primera vez en 1825 por H.C. Oersted. Pero solo en 1886 logró inventarse un procedimiento industrial económico de reducción. En ese año dos científicos trabajando independientemente, Charles Martin Hall en Estados Unidos y Paul Héroult en Francia, inventaron el mismo procedimiento electrolítico para reducir la alúmina a aluminio. El procedimiento Hall-Heroult es que se usa actualmente. Requiere mucha electricidad, cerca de 22 kilovatio-hora por kilogramo de aluminio.

Canadá cuenta con una gran riqueza natural para el desarrollo de la energía hidroeléctrica, y verdaderamente la energía a bajo costo es el único requisito indispensable para la producción de aluminio que se ha descubierto hasta la fecha en el país. El mineral y los demás materiales primarios son importados. La Aluminium Company of Canada Ltd., ha desarrollado vastas fuentes de energía hidroeléctrica en el Valle de Saguenay, Quebec y en Kitimat, Colombia Británica, para sus principales fundiciones de aluminio.

5.1.2 Fundición

Es el proceso de fabricación de un componente de ingeniería que se realiza mediante el llenado de una cavidad con metal fundido para que luego se solidifique. Además, es el proceso más rápido y económico de producción de componentes debido a que no existen límites para el tamaño y la forma del artículo que se desea producir mediante la fundición. También es uno de los métodos más fáciles y económicos de producir partes intrincadas.

5.1.2.1 Clasificación de fundición

Se pueden clasificar en dos categorías principales:

- a) Fundición ferrosa
 - 1) Fundición de hierro fundido
 - 2) Fundición de hierro maleable
 - 3) Fundición de acero
- b) Fundición no ferrosa

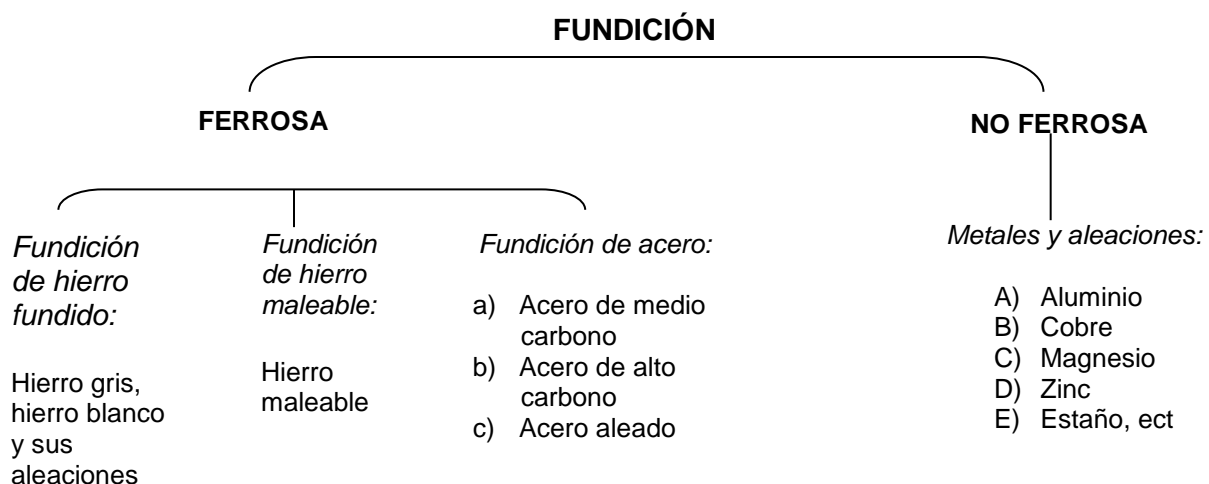


Figura. 1

En la figura 1 se representa una clasificación amplia de los tipos de fundición.

El principio de fundición comprende la producción de componentes de metales y aleaciones de las formas deseadas vaciando el metal o la aleación en un molde preparado (para esa forma), para permitir que el metal o la aleación se enfríe y solidifique. La fabricación de la fundición comprende los siguientes pasos:

- 1) Fabricación de modelo.
- 2) Fabricación del molde y los machos.
- 3) Fusión y vaciado de metal.
- 4) Limpieza y prueba de la fundición.

Por lo general un taller de fundición comprende las siguientes secciones principales

- 1) Fabricación de los modelos.
- 2) Preparación y mezcla de la arena.
- 3) Sección de moldeo.
- 4) Sección de fabricación de machos.
- 5) Ensamble y manejo de moldes.
- 6) Fusión.
- 7) Colada.
- 8) Sección de sacudido.
- 9) Desbarbado y acabado.
- 10) Tratamiento térmico.
- 11) Inspección.

La materia prima usada en fundición es

- 1) Metales y aleaciones.

- 2) Combustible para fusión.
- 3) Fundentes.
- 4) Refractarios.
- 5) Arena y materiales aglutinantes.

Ventaja de la fundición de metales

- 1) Son uno de los procesos de fabricación más versátiles.
- 2) Proporcionan propiedades direccionales uniformes y una mejor capacidad de amortiguación para fundir partes.
- 3) Los componentes de formas intrincadas cuya fabricación es difícil por otros métodos se pueden producir mediante fundición.
- 4) Se pueden fundir de una sola pieza componente muy complicados, lo cual elimina muchos procesos de unión.
- 5) Se pueden fundir fácilmente los metales a los que es difícil dar forma por medio de otros procesos, como el hierro fundido.
- 6) El proceso de fundición se puede modernizar mediante un mecanismo adecuado para la producción masiva de componentes.
- 7) Se pueden fundir partes muy pesadas y voluminosas, a las que es difícil dar forma mediante otros procesos.
- 8) La fundición proporciona mayor libertad para producir componentes en términos de diseño, forma, tamaño y calidad.
- 9) El costo global de los componentes es bajo.

Aplicaciones de las fundiciones metálicas

Debido a los costos menores y a las ventajas que se mencionaron, se han llevado a cabo grandes avances en la ingeniería en las áreas de fundición. Difícilmente

existe un producto en ingeniería que no tenga uno o más componentes fundidos. Las fundiciones tienen las siguientes aplicaciones:

- a) Transporte en carretera y vehículos. Más del 90% de los componentes de los motores de automóviles, más de 35% de los componentes de automóviles, camiones y autobuses y más de 50% de los componentes de tractocamiones, en peso, se fabrican mediante la fundición.
- b) Aeroplanos. Más de 30% de los componentes que se utiliza en los aeroplanos, en peso, son componentes fundidos.
- c) Estructuras de máquinas herramienta. Las bancadas de las maquinas como planeadoras, cepillos, fresadoras, tornos, etc, son de hierro fundido.
- d) Las partes de cortadores de los molinos de papel son fundiciones de acero.
- e) Defensa militar. Más del 50% de los componentes utilizados en la defensa son fundidos.
- f) Los componentes fundidos se utilizan en comunicaciones, construcción y energía atómica.
- g) Alabes para motores de aeronaves de retropropulsión.
- h) Partes para agricultura.
- i) Alabes para turbinas.
- j) Accesorios sanitarios.
- k) Bridas utilizadas en vías férreas.
- l) Fundición de supercargadores.
- m) Carcasas de molino.

5.1.2.2 Tipos de fundición

De acuerdo con el tipo y la estructura de la organización, los talleres de fundición se pueden clasificar de la siguiente manera:

- 1) Fundición por órdenes: es un proceso que se basa en órdenes de trabajo. produce un pequeño número de fundiciones para un determinado tipo de clientes.
- 2) Fundiciones de producción: produce fundiciones a escala masiva. Proceso altamente mecanizado.
- 3) Fundición de semiproducción: es una combinación entre la fundición por órdenes y de producción. En el caso de los trabajos que realiza, este tipo de fundición acepta tareas tanto de producción como por órdenes específicas.
- 4) Fundición cautivo: este tipo de fundición es parte integral de alguna organización de fabricantes y solo produce fundiciones que determinan la organización para procesamiento posterior.

De acuerdo con los materiales que se producen, la fundición también se puede clasificar en dos grupos principales:

- 1) Fundiciones ferrosas: son aquellas en las que el hierro fundido es el constituyente principal. Más de 90% de la producción total de metales y aleaciones son componentes ferrosos. Éstos a su vez, se pueden subdividir ampliamente además en a) hierro fundido y b) acero. El hierro fundido se puede dividir también en hierro fundido gris, hierro fundido blanco, hierro fundido maleable, hierro fundido aleado, hierro fundido de grafito esferoidal y hierro fundido nodular. Por lo general, el acero se divide en acero bajo carbono, acero de medio carbono, acero de alto carbono y aceros aleados.

2) Fundiciones no ferrosas: además de los materiales ferrosos, también se funden muchos materiales no ferrosos, como el cobre y sus aleaciones de alta conductividad, bronce, latón, aluminio, magnesio, níquel, zinc, estaño y sus aleaciones.

Los procesos de fundición se clasifican en:

1) De acuerdo con los métodos de moldeo

- a) Moldeo en banco.
- b) Moldeo en piso.
- c) Moldeo en fosa.
- d) Moldeo mecánico.

2) De acuerdo con los materiales de moldeo.

- a) Moldeo de arena verde.
- b) Moldeo de arena seca.
- c) Moldeo de arena superficie seca.
- d) Moldeo de machos de arena.
- e) Moldeo con cemento moldeo con bióxido de carbono.
- f) Moldeo con yeso.
- g) Moldeo metálico.

3) De acuerdo con el proceso de fundición

- a) Fundición en arena.
- b) Fundición en molde de yeso.
- c) Fundición en molde metálico.
- d) Fundición centrífuga.

- e) Fundición de revestimiento.
- f) Fundición continua.
- g) Fundición de molde de bióxido de carbono.
- h) Fundición a presión.

5.1.3 Fusión y colada de placas

El tipo y la disposición de los hornos de fusión, constituyen factores particularmente importantes en lo que concierne a la calidad metalúrgica y costo de fabricación de los semiproductos fundidos destinados a la transformación.

Las condiciones técnicas y económicas que deben de cumplir os hornos de fusión y de colada, pueden resumirse de la siguiente manera:

Cualidades de orden térmico

- Fusión en el menor tiempo posible.
- Uniformidad de temperatura.
- Regulaciones precisa de la temperatura (importante sobre todo en los hornos de colada).
- Máximo rendimiento térmico.

Cualidades de orden físico y químico

- Oxidación mínima del metal
- La menor contaminación posible debida al gas de combustión (horno de llama), a la atmosfera del horno, a los refractarios y a los diversos accesorios.

Cualidades de fácil explotación

- Facilidad de carga
- Comodidad en la ejecución de las operaciones de fabricación (agitación, desescoriado) o de conservación.
- Facilidad de colada.

Condiciones económicas

- El menor precio del inmovilizado del material de fusión y de colada.
- Gastos mínimos de explotación, en particular, pérdidas de fuego, consumo de energía, mano de obra.
- Los menores gastos posibles de conservación.

5.1.4 Fundición del aluminio

La base de todas las plantas fundidoras de aluminio primario es el proceso Hall-Héroult, inventado en 1886. La alúmina se disuelve mediante un baño electrolítico de criolita fundida (fluoruro aluminico sódico) en un recipiente de hierro revestido de carbón o grafito conocido como "crisol". Una corriente eléctrica se pasa por el electrolito a un bajo voltaje pero con una corriente muy alta generalmente 150,000 amps. La corriente eléctrica fluye entre el ánodo (positivo) de carbono hecho del coque de petróleo y brea, y un cátodo (negativo) formado por un recubrimiento de carbón grueso o grafito del crisol.

El aluminio fundido es depositado en el fondo del crisol y se revuelve periódicamente, se lleva a un horno, de vez en cuando se mezcla a una aleación especificada, se limpia y generalmente se funde.

Un fundidor de aluminio típico consiste de alrededor de 300 crisoles. Estos producirían como 125,000 toneladas de aluminio anualmente. Sin embargo, algunos de las fundidoras de la última generación producen entre 350 mil y 400 mil toneladas.

En promedio alrededor del mundo toma 15.7 kW/hr. Para producir un kilogramo de aluminio de la alúmina. Mejoramientos en los diseños y procesos han reducido progresivamente este aspecto de 21 kW/hr de los años cincuenta.

El aluminio se forma a cerca de 900°C pero una vez que se ha formado tiene un punto de fusión de solo 660°C. En algunas fundidoras este ahorro de calor es utilizado para fundir metal reciclado que luego es mezclado con el metal nuevo.

El metal reciclado requiere solo 5% de la energía necesaria para producir el metal nuevo. Mezclar metal reciclado con un nuevo metal permite ahorrar energía considerablemente así como el uso eficiente del calor procesado. No hay diferencia entre el metal primario y el metal reciclado en términos de calidad y propiedades.

Fundir el aluminio requiere de intensa energía que es por lo que fundidoras mundiales están localizados en áreas dónde tienen acceso a un recurso de energía abundante (hidroeléctricas, gas natural, carbón y nuclear). Muchas localidades son remotas y la electricidad es generada específicamente para las plantas de aluminio.

El proceso de fundición es continuo. Un horno no se para y se vuelve a poner en funcionamiento con facilidad. Si la producción es interrumpida por una falta de energía de más de 4 horas, el metal en los crisoles se solidificará, requiriendo un proceso de reconstrucción con un alto costo.

La mayoría de los hornos produce aluminio del 99.7% de pureza que es aceptable para la mayoría de las aplicaciones. Sin embargo, el aluminio muy puro de 99.99% es utilizado para aplicaciones especiales, generalmente aquellas dónde la alta ductilidad y conductividad es requerida. El margen de diferencia en pureza del aluminio da cambios significantes en las propiedades del metal.

5.1.5 Tecnología de fundición

Existen principalmente dos tipos de tecnologías de fundición de aluminio: el Söderburg y el precocido. La principal diferencia entre estas dos fundiciones es el tipo de ánodo que utilizan.

La tecnología Söderburg utiliza un ánodo continuo que se pone en la celda en forma de pasta que se calcina en la misma celda.

La tecnología del precocido utiliza múltiples ánodos precocidos que están suspendidos en cada celda por medio de unas varillas. Los ánodos nuevos se cambian por los ánodos gastados o terminales que se reciclan en nuevos ánodos.

Cambios en el medio ambiente:

Mientras el progreso significativo que se ha hecho en mejorar la actuación del medio ambiente, la tecnología Söderburg está siendo remplazada gradualmente por tecnología precocida.

5.1.6 Reciclaje de aluminio

Al final de la vida útil que contiene aluminio puede ser utilizado una y otra vez sin que se pierda su calidad, ahorrando energía y materiales en bruto.

Reciclando un kilogramo de aluminio se pueden ahorrar 8 kilogramos de bauxita, 4 kilogramos de productos químicos y 14 kW/hr de electricidad.

Cualquier cosa hecha de aluminio puede ser reciclada repetidamente: no solo latas, también hojas, láminas, moldes, marcos de ventanas, muebles de jardín, componentes de automóvil son derretidos y se usan para hacer los mismos productos de nuevo.

La tasa de reciclaje para latas de aluminio está ya por encima del 70% en algunos países. La industria del aluminio ha iniciado varios proyectos para alentar al reciclaje en varios países.

El material de desecho en todas sus fases es meticulosamente recolectado y clasificado por tipos de aleación por todas las compañías de aluminio. A diferencia de otros metales, el aluminio de desecho tiene un valor significativo y buenos índices de precios en el mercado.

Las compañías de aluminio han invertido en dedicarle un lugar, en las plantas de reciclaje, al procesamiento de la transformación secundaria del metal. En el caso de las latas de bebidas el proceso utiliza gas recolectado de las sustancias volátiles que están en las superficies de las latas que proveen calor al proceso.

En Europa las latas de bebida de aluminio ya alcanzaron el objetivo mínimo marcado por la directiva europea en Empaque y Desecho para el año 2001.

Suecia con 92% y Suiza con 88% son los campeones europeos de reciclaje de lata. El promedio europeo es de 40% aumentando 10% desde 1994.

El reciclaje de latas de bebida de aluminio elimina desperdicios, ahorra energía y conserva los recursos naturales.

Las latas de aluminio son buenas para el medio ambiente, para la economía y son 100% reciclables.

Las latas de aluminio de ahora requieren cerca del 40% menos metal que las latas hechas hace 25 años; además de la necesidad de menos energía y materia prima por cada lata. Valen de 6 a 20 veces más que otros materiales de empaque.

El aluminio es el único material de empaque que cubre más allá de su costo de recolección, proceso y traslado al centro de reciclaje. La industria del aluminio está trabajando con los fabricantes de componentes de automóviles para permitir que los carros con componentes de aluminio sean fácilmente desmantelados y que los desechos sean clasificados y reutilizados para partes nuevas idénticas. En la mayoría de otros proyectos de reciclaje los desechos de material son rara vez reutilizados para su misma aplicación, este tiene que ser degradado a una aplicación que tiene menos propiedades de metal.

La tasa de reciclaje para aplicaciones de construcción y transporte va desde el 60 al 90% en varios países. El metal es reutilizado en aplicaciones de alta calidad.

5.1.7 Hornos

Los hornos que se usan para fundir metales y sus aleaciones varían mucho en capacidad y diseño. Varían desde los pequeños hornos de crisol que contienen

unos pocos kilogramos de metal hasta hornos de varios centenares de toneladas de capacidad del horno.

El horno de fundición es usado para crear metales a partir de su forma mineral como el aluminio o acero. Los tipos de hornos que se usan en un proceso de fundición son:

- Horno de crisol
- Horno eléctrico.
- Horno por inducción.
- Horno de arco eléctrico.
- Horno basculante.
- Horno de cubilote.

5.1.7.1 Hornos de arco eléctrico

Estos hornos tienen tapas removibles para cargarlos por arriba y el sangrado se realiza inclinando el horno.

Existen normalmente 3 electrodos de grafito en el horno que pueden ser de hasta 750 mm de diámetro y de 1.5 mts a 2.5 mts de longitud. Su altura dentro del horno se puede ajustar de acuerdo a la cantidad de metal presente y al desgaste de los electrodos.

En el horno eléctrico se introduce hierro y acero junto con los ingredientes aleantes (adecuadas para tal composición deseada) y la piedra caliza (fundente) la tapa se cierra y se bajan los electrodos. Se establece la conexión y dentro de un periodo de aproximadamente 2 horas el metal se funde (el tiempo varía de acuerdo a las necesidades), la corriente es desconectada, se elevan los

electrodos, el horno es inclinado y el metal fundido es vaciado en un recipiente de traslado hacia moldes. La capacidad de los hornos eléctricos va de 60 a 90 toneladas de acero.

5.1.7.2 Hornos de resistencia

En este tipo de hornos el calor es originado por la corriente que recorre los hilos de los electrodos de aleaciones múltiples especiales o de grafito envueltos en espiral o doblados en forma de “S”, esto con el fin de que puedan desarrollar la máxima longitud en el mínimo espacio.

La temperatura máxima de trabajo que pueden resistir para un trabajo continuo se encuentra entre los 1000 y 1300 °C.

Los hornos son de construcción distinta según el empleo que se vaya a dar. Este tipo de horno se utiliza actualmente en fundiciones que trabajan con aleaciones ligeras porque en el mismo se puede regular automáticamente la necesaria temperatura de trabajo.

5.1.7.3 Hornos de inducción

Un horno de inducción usa corriente alterna a través de una bobina que genera un campo magnético en el metal, el resultado de la corriente inducida causa un rápido calentamiento y la fusión del metal.

El campo de fuerza electromagnético provoca una acción de mezclado en el metal líquido. Además el metal no está en contacto directo con ningún elemento de calefacción, se puede controlar cuidadosamente el ambiente donde tiene lugar la fusión. El resultado es una fundición de alta calidad y pureza. Los hornos de

inducción se usan para casi cualquier aleación cuyos requerimientos de calidad sean importantes. Sus aplicaciones para fundir aleaciones de acero, hierro gris nodular y aluminio son las más comunes que se pueden hacer.

5.1.7.4 Hornos de crisol

Su empleo se va haciendo cada vez más raro en las fundiciones de las fábricas de transformación. Estos hornos están equipados generalmente de un crisol de carborundo o de arrabio, con una capacidad que va desde los 50 a los 250 kg. El calentamiento se efectúa con gas o con mazut y la llama del mechero ataca tangencialmente la base de crisol, a fin de que los gases de la combustión giren alrededor de él, según un movimiento ascensional helicoidal.

Esta disposición favorece los intercambios térmicos. Los modelos más recientes de estos hornos basculan alrededor del pico de colada, de manera que se logre una altura constante de caída de metal mientras dura el movimiento de báscula. El basculamiento se efectúa por gasto mecánico o hidráulico.

5.1.7.5 Horno de crisol basculante KB (ver foto 1)

Los hornos de crisol basculante con calentamiento por gas o aceite de la serie KB se distinguen por su elevada potencia de fusión por la que son idóneos para la fusión. El uso de materiales aislantes de gran calidad resulta en un consumo de energía muy bajo. El quemador de dos fases se puede configurar tanto para su uso con gas como con aceite. Estos modelos, que incluyen una evacuación de los gases de escape a través del borde del crisol, alcanzan tasas de fusión muy elevadas con una óptima eficiencia energética.

5.1.7.6 Horno de crisol basculante K (ver foto 4)

Los hornos de crisol basculante de calentamiento eléctrico de las series K y KF se caracterizan por un alto rendimiento de fusión con muy buena homogeneidad de la temperatura en la masa fundida. En la versión de 1200 °C pueden fundirse aleaciones de aluminio y latón. La versión de 1300 °C puede emplearse también para la fundición de aleaciones de bronce. Para el calentamiento rápido en servicio discontinuo pueden revestirse los hornos con un aislamiento de fibra de poca acumulación de calor (modelos KF).

5.1.7.7 Horno de cazo TB (ver foto 6)

Los hornos de cazo con calentamiento por gas o aceite de la serie TB se distinguen por su gran potencia de fusión. El uso de modernos sistemas de combustión, las relaciones de presión optimizadas y la aplicación de la llama en el horno, así como la aplicación de materiales de aislamiento de gran calidad generan un consumo de energía muy bajo.

Los modelos TB/12 se usan sobre todo para fundir y mantener el calor de las aleaciones de aluminio y cinc, por ejemplo, en fundiciones a presión. La evacuación lateral de los gases de escape resulta en un gran cantidad de la masa fundida. Los modelos TB 10/14 a TB 40/14 se usan predominantemente para fundir aleaciones de cobre en pequeñas fundiciones. Por este motivo, estos hornos ya se realizan de serie con una evacuación de gases de escape a través del borde de crisol, para alcanzar una gran potencia de fusión y con una placa voladiza que puede girar hacia un lado para extraer el crisol.

5.1.7.8 Horno de crisol TBR con recuperador (ver foto 2)

Los hornos de fusión con calentamiento por combustible de las series TBR con evacuación lateral de los gases permiten un óptimo aprovechamiento de la energía además de la máxima calidad de la masa fundida. El equipamiento con un sistema de quemadores incluyendo la recuperación del calor a través de recuperadores mejora significativamente la eficiencia energética de los hornos de fusión ordinarios con calentamiento por combustible.

Con los gases de escape calientes del horno se precalienta el aire de combustión para los quemadores a través de un intercambiador de calor. El sistema genera un ahorro de hasta el 25 % en comparación con los hornos ordinarios con calentamiento por combustible y salida lateral de los gases. Los costos de adquisición, relativamente mayores, se amortizan en poco tiempo, en función del uso.

5.1.7.9 Horno de crisol basculante KC y hornos de crisol TC (ver foto 3)

Los hornos de crisol basculante y de cazo con calentamiento por barras de SiC de las series KC y TC se caracterizan por un mayor rendimiento de fundición que el que puede realizarse con los hornos de fundición calentados por alambre. Los hornos están concebidos para el servicio continuo a temperatura de trabajo.

5.1.8 Ventajas del calentamiento eléctrico

- Ausencia de humos de combustión
- Mejores condiciones de trabajo alrededor del horno y ambientales por el exterior.
- Mayor seguridad del personal.

- Posibilidad de mantener los hornos sin vigilancia fuera de las horas de trabajo por eliminación del peligro de explosiones.
- Más simple utilización de las fibras cerámicas como aislamiento del horno.
- Gran elasticidad de funcionamiento y sencilla automatización de los hornos

5.1.9 Accesorios para hornos de cazo y de crisol basculante



Placa voladiza de un horno de crisol eléctrico de giro para sacar el crisol

Versión con extracción del crisol con placa voladiza giratoria. En la versión estándar, los hornos de crisol Nabertherm están equipados con una placa voladiza fijada sobre el horno. La masa fundida se extrae manualmente del crisol o bien por medio de un cazo automático. Como equipamiento opcional, los modelos T más pequeños, hasta el T 40..., se pueden equipar con una placa voladiza preparada para la extracción del crisol. La placa voladiza gira hacia un lado para extraer el crisol, dejando al operario acceso libre al crisol desde arriba.



Apertura neumática de la tapa

Apertura neumática de la tapa para el horno de cazo en modo de mantenimiento de calor. Los hornos de crisol de la serie T... pueden disponer de un equipamiento opcional con apertura

neumática de la tapa. En la ejecución estándar ésta es accionada por medio de un pedal. Al accionar el pedal la tapa del horno gira hacia un lado y el operario tiene acceso libre al crisol. A petición puede taccionarse la apertura de la tapa por medio de una señal externa para automatizar el proceso de extracción. Desde el punto de vista energético, este extra conveniente constituye una gran ventaja, ya que el horno solo es abierto para cargar y extraer. Con un horno de fusión cerrado se puede ahorrar hasta el 50 % de energía, en comparación con los hornos de crisol abiertos durante la fase de mantenimiento de calor.



Medios auxiliares de carga para lingotes

Tolva de carga para lingotes

Especialmente para fundir barras, la tolva de carga de acero inoxidable facilita mucho la carga del horno. Los lingotes largos también se pueden cargar por encima del borde del crisol, sumergiéndose en este. En los hornos dotados de regulación con depresión nocturna, el horno puede llenarse, por ejemplo, por la tarde y al día siguiente se dispone de una masa fundida completa. La tolva es idónea para todos los

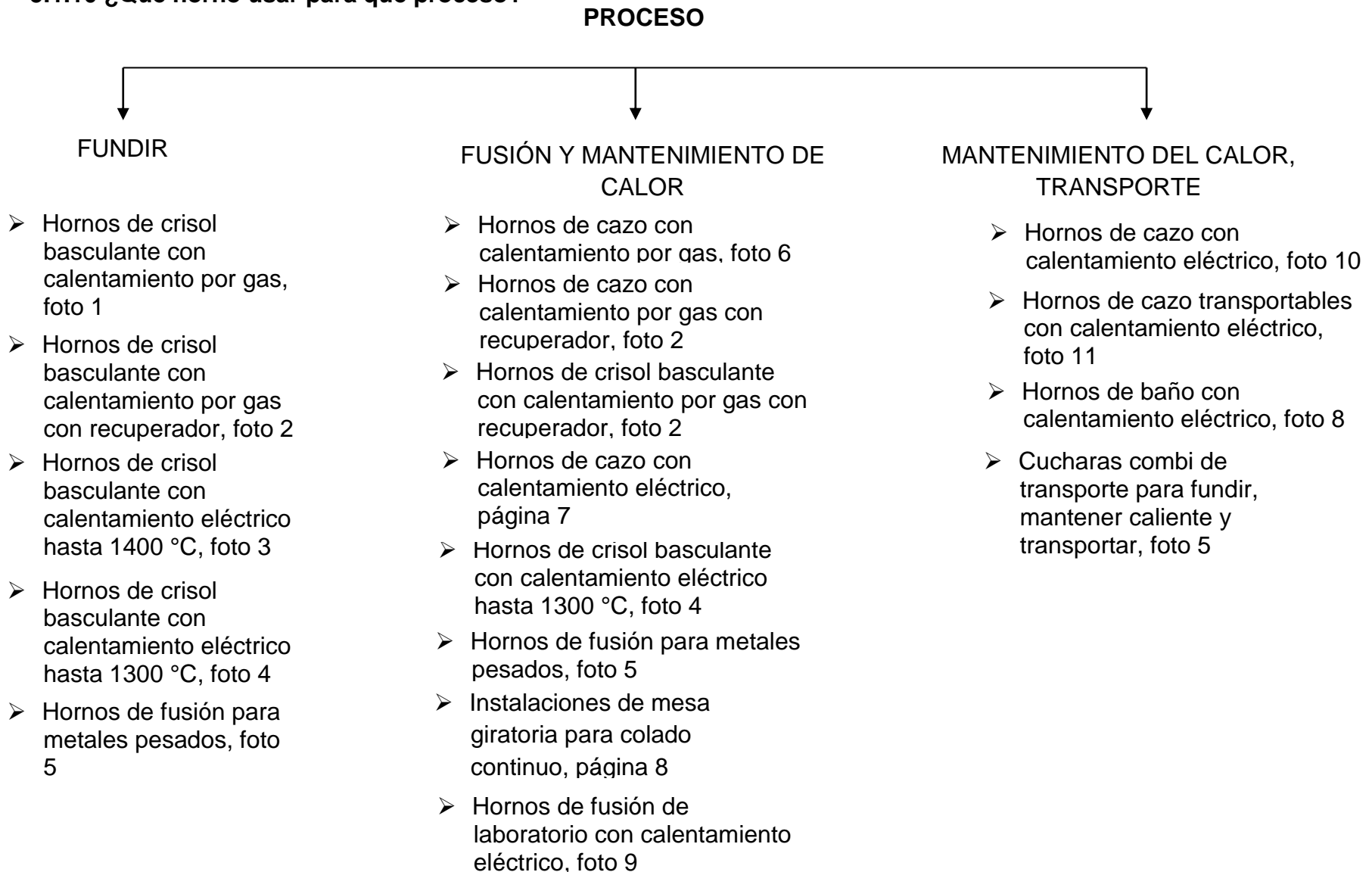
hornos de fusión, de calentamiento eléctrico o por gas, con evacuación lateral de gases.



Plataforma de trabajo para K 240/12

Plataforma de trabajo o plataforma para cargar hornos de crisol o de crisol basculante. Para los hornos de de crisol y de crisol basculante pueden suministrarse plataformas de trabajo o plataformas de carga hechas a medida. Ambas opciones sirven en principio para un acceso fácil al horno, especialmente para hornos de modelos mayores. Desde la plataforma de trabajo puede el usuario, por ejemplo, cargar lingotes o limpiar el caldo.

5.1.10 ¿Qué horno usar para qué proceso?



6. MARCO LEGAL

Para la elaboración del presente proyecto de grado se tuvo en cuenta algunos aspectos de tipo normativo sobre los cuales se encontraban condicionados cada uno de los aportes y actividades desarrolladas a lo largo del periodo de las prácticas. Dentro de estos podemos resaltar:

- **Reglamento interno de Alúmina S.A.** Es el documento normativo administrativo interno, que contiene un conjunto de normas, que permite a la administración regular la relación laboral colaborador- Empleador, dichas normas se sujetan a la legislación laboral vigente, requiriendo ser aprobado por el ministerio de trabajo para su implementación legal.
- **Sistema Integrado de Calidad de Alúmina S.A.** Donde se siguen los lineamientos de las Normas NTC-ISO 9001:2008, NTC-ISO 14001:2004 y las del Sistema de Gestión en Control y Seguridad BASC: 2008, mediante la definición de la interacción entre los procesos de la Organización, el aseguramiento en la provisión de los recursos necesarios para su efectivo desarrollo, y la realización de acciones de retroalimentación y respuesta que permitan mantener y mejorar el desempeño de cada proceso y de la organización en general.

7. LIMITACIONES

7.1 LIMITACIONES DE TIEMPO

Para que cada uno de los aportes que se dan en la empresa pueda empezar a mostrar resultados óptimos y eficientes, estos deben desarrollarse de manera continua e indefinidamente ya que este es el enfoque principal del mejoramiento continuo. Dado lo anterior este trabajo no se condiciona al tiempo de ejecución de las prácticas debido al tipo de vinculación que se tiene con la empresa pero los avances son presentados como muestra del trabajo y dedicación de todo el equipo de trabajo del área de Fundición de Placas.

7.2 LIMITACIONES DE ESPACIO

El área de Fundición de Placas de la empresa Alúmina cuenta con el espacio suficiente para la ejecución de cada una de las actividades implementadas dado que por ser un área muy completa permite que las labores se ejecuten de forma óptima.

8. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

Este proyecto de grado presenta 3 grandes aportes que se realizaron en el área de fundición de placas donde se aplica un mejoramiento continuo en algunos de los procedimientos y técnicas basándose en tecnología de tipo internacional y la aplicabilidad del Sistema de Gestión de Calidad de la compañía.

A continuación se presentan los aportes que se dieron para el mejoramiento continuo aplicado a las técnicas y los procedimientos de la fundición de placas en el cual se tuvo participación directa a nivel propositivo y de implementación junto con un equipo de trabajo integrado por supervisores y el jefe de área.

8.1 MOLDES VARIABLES: UNA TECNOLOGÍA DE FUNDICIÓN DE LINGOTES AJUSTABLES.

8.1.1 Planteamiento del Problema

Alúmina anteriormente utilizaba los moldes fijos para las actividades de moldeo de las placas de la siguiente forma:

Los moldes eran fijos a una base que era la que se montaba o se desmontaba de acuerdo a los tipos de anchos que se requerían; esta actividad inicia soltando los tornillo que tienen los Stool, de esta forma retirar los de la base porta stool y colocar los nuevos según la medida requerida. Después se prosigue al retiro de los moldes soltando los tornillos que fijan la base porta moldes de la mesa de colado y desconectando las mangueras que le introducen agua a dichos moldes; una vez realizado lo anterior se desconecta todo. Utilizando la ayuda del puente grúa se realiza el levantamiento de los stool y se coloca en un sitio destinado

especialmente, luego también con ayuda del puente grúa se toma la base porta moldes de acuerdo a las medidas específicas; procedemos al cambio de mesa y se conectan las mangueras fijándolas con tornillos, como paso siguiente se conecta la mesa a la tomas de agua y se procede a probar el flujo de agua en las cortinas de los moldes; si está bien colocamos la canal auxiliar para iniciar el vaciado.

Se puede evidenciar que el proceso es muy tedioso y que requiere de mucho tiempo lo que retrasa la entrega del material y se convierte en una actividad poco eficiente dentro del proceso productivo. No obstante también hay que tener en cuenta que al utilizar esta metodología se presentaba una disminución en el recobrado, siendo este el indicador por el cual se mide el proceso de acuerdo al estándar mundial e identifica la pérdida o la ganancia dentro del proceso.

8.1.2 Procedimiento de cambio de medidas de moldes

Esta operación se realiza simultáneamente con el proceso de carga de horno que consiste en el cambio de medida de los moldes y stools para la fabricación de anchos requeridos por el área de Laminación quienes son los receptores de estas placas para continuar con el proceso productivo. Tomando las herramientas necesarias el operador inicia el desmontaje; retirando los tornillos que ajustan las cabezas de los stools, luego según la medida a vaciar se retira las partes cambiables por otra medida para obtener el ancho requerido. Se llevan a su puesto, uno por uno y se ajustan con sus respectivos tornillos. Seguidamente se presenta la mesa sobre los stools y se cuadran los moldes rodando los soportes de tal forma que queden bien repartidos. Como paso siguiente se conecta la mesa a la tomas de agua y se procede a probar el flujo de agua en las cortinas de los moldes; si está bien queda lista la mesa para el vaciado. Una vez terminado este

proceso se realiza una verificación de las medidas tomando un flexómetro y se verifica que esté acorde con las medidas que la orden de producción remite.

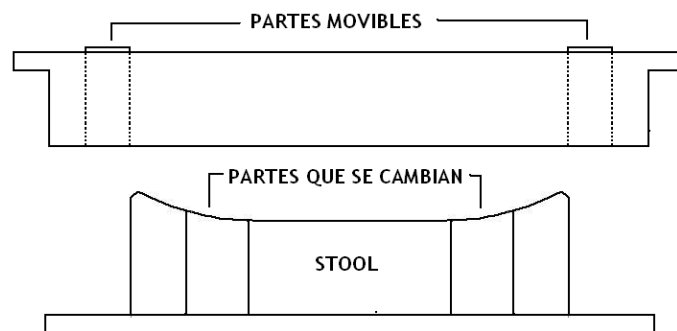


Figura 1: Moldes variables

Esta operación tiene una gran ventaja y es que el levante del molde es de una sola pieza y se encuentra en la esquina del mismo coincidiendo con los drenes de alineación adjunta a la parte superior de los tubos de acero en las cuatro esquinas de la base. El sistema le permite instalar y quitar la tabla del molde y la base de partida de la cabeza como una sola unidad. Esta característica reduce el tiempo de instalación en el foso de fundición, ya que la tabla del molde y la base de partida de la cabeza están ya en línea antes de la instalación. También minimiza la posibilidad de daño del molde debido a la mala alineación de la tabla del molde y la base de partida la cabeza, que era la situación presentada por la utilización de los moldes fijos.

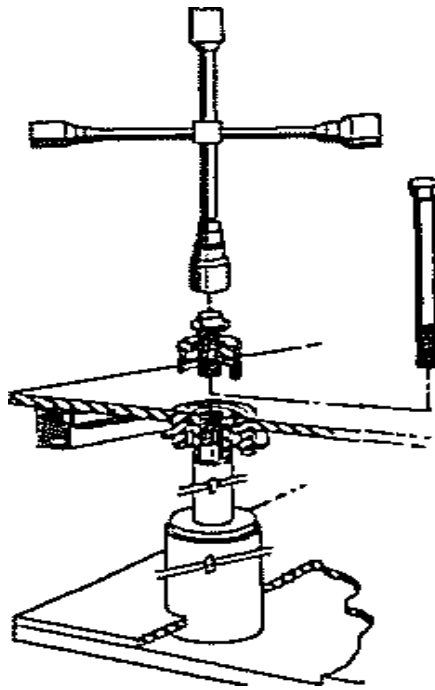


Figura 2: Desmontaje del Molde

8.1.3 Beneficios de los Moldes Variables

El uso de esta tecnología en la empresa ha generado los siguientes beneficios que se pueden considerar como los principales criterios para la aplicación de la misma:

- **Variedad de medidas**, ya que se lograron en el año 2010 con los juegos de moldes realizar 87 tipos de anchos diferentes donde antes solo se manejaban 8.

- **Mejor recobrado**, porque ya no se presentan devoluciones de scrap generado entregados por el área de Laminación por debido a la entrega de anchos no requeridos.
- **Mejor acabado superficial**, porque se realizaron investigaciones y se encontró un tipo de fibra de altas temperatura que elimina el choque térmico del material caliente al entrar en contacto con los moldes fríos
- **Más productivo** porque el tiempo utilizado para el cambio de las medidas es menor.

8.1.4 Aporte Específico: Porcentaje de Encogimiento de Anchos Variables

Inicialmente cuando se realiza el cambio de tecnología de Moldes fijos a Moldes variables, no se tuvo en cuenta un aspecto importantísimo como el % de encogimiento del aluminio cuando éste se enfría. Se evidencia entonces que las medidas requeridas no estaban acordes con las que nos arrojaba el proceso; se quiso asumir un valor estándar para todos los anchos pero el comportamiento no era el mismo.

Dado lo anterior se propone calcular los porcentajes de encogimiento de las placas (ver tabla 1) y se llega a la conclusión de que este debe ser del 2% para poder cumplir con todas las medidas requeridas.

PORCENTAJE DE ENCOGIMIENTO DE ANCHOS VARIABLES

Fecha	Placas A Vaciar	Ancho de Stool	Medida Real		% Encogimiento			Colada	Aleación
			Arriba	Abajo	Arriba 0.98 %	Abajo 0.98 %	Mayor 1.59%		
11/04/2009	1030	1051	1025	1006	0,986	0,967	3,27%	2478	8112
12/04/2009	890	908	897	885	0,987	0,974	1,32%	2486	3003
12/04/2009	950	969	958	948	0,987	0,977	1,29%	2486	3003
12/04/2009	1030	1051	1035	1024	0,984	0,973	1,62%	2486	3003
13/04/2009	730	745	736	731	0,988	0,981	1,21%	2489	3003
13/04/2009	850	867	859	854	0,990	0,984	1,04%	2489	3003
13/04/2009	830	847	835	823	0,986	0,972	1,42%	2489	3003
13/04/2009	730	745	736	730	0,988	0,980	1,21%	2487	3003
13/04/2009	790	806	790	778	0,979	0,964	2,11%	2487	3003
13/04/2009	863	881	870	860	0,988	0,976	1,25%	2487	3003
14/04/2009	780	796	782	772	0,982	0,970	1,76%	2488	3003E
14/04/2009	890	908	888	870	0,977	0,957	2,31%	2488	3003E
14/04/2009	1080	1102	1086	1064	0,985	0,965	1,54%	2488	3003E
14/04/2009	980	1000	984	982	0,984	0,982	1,60%	2488	3003E
14/04/2009	690	704	693	693	0,983	0,983	1,70%	2488	3003E
14/04/2009	820	837	822	822	0,982	0,982	1,79%	2488	3003E
14/04/2009	840	857	843	835	0,983	0,973	1,75%	2488	3003E
14/04/2009	1020	1041	1025	1011	0,985	0,971	1,54%	2487	3003
14/04/2009	1010	1031	1015	1010	0,984	0,980	1,55%	2487	3003
14/04/2009	1110	1133	1114	1105	0,983	0,975	1,68%	2487	3003
14/04/2009	850	867	851	842	0,980	0,970	1,96%	2487	3003
15/04/2009	1030	1051	1036	1022	0,985	0,971	1,52%	2482	8112
17/04/2009	1250	1276	1250	1229	0,980	0,963	2,04%	2484	8112
17/04/2009	1250	1276	1250	1228	0,980	0,962	2,04%	2492	3003
17/04/2009	1110	1133	1121	1107	0,989	0,977	1,06%	2492	3003
17/04/2009	1030	1051	1037	1024	0,986	0,973	1,43%	2484	8112
17/04/2009	1020	1041	1023	1008	0,983	0,968	1,73%	2496	8006
16/04/2009	930	949	938	925	0,988	0,975	1,16%	2483	8112
16/04/2009	730	745	738	730	0,991	0,980	0,94%	2483	8112
16/04/2009	1030	1051	1036	1022	0,985	0,971	1,52%	2483	8112
16/04/2009	1030	1051	1037	1022	0,986	0,971	1,43%	2484	8112
18/04/2009	1020	1041	1025	1009	0,985	0,969	1,54%	2496	8006
18/04/2009	1250	1276	1249	1227	0,979	0,962	2,12%	2490	8112
18/04/2009	900	918	910	898	0,990	0,977	0,98%	2490	8112
19/04/2009	1050	1071	1057	1040	0,986	0,970	1,40%	2493	8112

19/04/2009	1030	1051	1040	1023	0,989	0,972	1,14%	2493	8112
19/04/2009	1100	1122	1112	1094	0,990	0,974	0,98%	2494	1050E
19/04/2009	800	816	809	799	0,990	0,978	0,98%	2493	8112
20/04/2009	630	643	633	631	0,984	0,981	1,56%	2493	8112
20/04/2009	813	830	822	811	0,990	0,977	0,96%	2495	1050E
20/04/2009	900	918	912	899	0,992	0,978	0,76%	2495	1050E
20/04/2009	880	898	890	880	0,991	0,980	0,89%	2495	1050E
21/04/2009	1020	1041	1032	1020	0,991	0,980	0,86%	2497	8006
21/04/2009	1020	1041	1030	1023	0,989	0,983	1,06%	2498	8006
21/04/2009	930	949	938	926	0,988	0,976	1,16%	2498	8006
21/04/2009	970	990	979	964	0,989	0,974	1,11%	2504	3104
23/04/2009	970	990	979	970	0,989	0,980	1,11%	2505	3104
23/04/2009	680	694	683	681	0,984	0,981	1,59%	2500	3003
23/04/2009	760	776	760	755	0,979	0,973	2,06%	2500	3003
23/04/2009	790	806	788	779	0,976	0,965	2,35%	2500	3003

Valores debajo de la medida requerida

Tabla 1: % de Encogimiento de Anchos Variables

Si se requiere una medida que no se encuentre dentro del listado se realiza el cálculo de la siguiente manera, cuadrando con los calzos existentes para conseguir la medida del Stool.

$$Medida\ del\ Stools = \frac{Dimensión\ placa\ solicitada}{0.98}$$

8.2 CARGUE DE HORNOS DE FUNDICION POR DENSIDADES

8.2.1 Planteamiento del Problema

En esta operación está involucrado un operador de montacargas y/o un oficial de horno, los cuales deben proceder con la operación de carga del horno de la siguiente manera:

El operador del montacargas transporta la carga desde el sitio de almacenamiento y la deposita en fundición en los lugares destinados para la colocación de scrap, de aquí toman en partes la carga y la depositan en la tolva del vagón de carga del horno, luego anota el peso del material cargado en el formato de reporte de carga. Esta operación se repite en hasta completar la capacidad de cada una de las tolvas de carga. El material no se clasifica, es decir que se encuentran revueltas las densidades y esto genera el cargue de los hornos de una manera muy rápida y no por peso que es lo correspondiente sino por volumen. El tiempo de fundición de este primer material está entre las 2 y 3 horas y el resultado no alcanza siquiera las 6 toneladas contando con que el horno tiene una capacidad de 25 toneladas. No obstante hay que tener en cuenta que la hacer esto de manera continua el tiempo de cargue de los hornos está entre las 18 y 22 horas. Dado lo anterior el trabajo se vuelve tedioso y no se cumplen con los tiempos definidos por la orden de producción para la entrega de material.

8.2.2 Aporte Específico: Cargue de hornos de fundición por densidades

En esta operación está involucrado un operador de montacargas y/o un oficial de horno, los cuales deben proceder con la operación de carga del horno de la siguiente manera:

El operador del montacargas transporta la carga desde el sitio de almacenamiento y la deposita en fundición en los lugares destinados para la colocación de scrap, de aquí toman en partes la carga y la depositan en la tolva del vagón de carga del horno, luego anota el peso del material cargado en el formato de reporte de carga. Esta operación se repite en hasta completar la capacidad de cada una de las tolvas de carga.

Primero se carga el material grueso, después que se tiene baño dentro del horno se carga el material más delgado y por último las placas o bolis para los cuales es necesario seguir un procedimiento especial con el fin de evitar su rápida oxidación, el cual consiste en:

Apagar los quemadores, introducir las placas en el horno y esperar hasta que estas se sumerjan en el baño; de ser necesario el operador de montacargas debe sumergirlas con el empujador, esperar 15 a 20 minutos y encender los quemadores.

El operador de montacargas y oficial de horno abre la puerta del horno accionando el botón abrir puerta de horno que se encuentran en los controles de las puertas, ubicados en las columnas que están cercanas a los hornos.

El operador de montacargas recoge el empujador de meter la carga dentro del horno con los trinchas del montacargas y procede a desplazar la tolva de carga hasta el interior del horno hasta donde permiten los topes del vagón de carga.

El operador del montacargas empuja a carga lentamente dentro del horno.

El operador de montacargas y/o oficial de horno cierra la puerta una vez retirada la tolva accionando el botón de cerrar puerta del horno que está en los controles de las puertas del horno. La operación de empujar la carga se repite en las tolvas de carga.

Se espera que se funda la carga del horno y se repite la operación con dos o más cargada teniendo en cuenta el nivel de la chimenea hasta completar el llenado de la capacidad del horno en su totalidad.

Para las coladas de Foil grueso y Foil delgado solamente se cargara con bateas o lingotillo (material primario).

Dado lo anterior se puede evidenciar que al realizar el procedimiento de cargue de horno de esta manera los tiempo actualmente para una carga inicial son los mismo que los anteriores con la diferencia de se están generando de 8 a 14 toneladas. Realizando este mismo procedimiento de manera continua los tiempos pasan a ser de 12 a 14 horas. En la siguiente tabla se muestran los indicadores que nos permiten evidenciar la mejora en los tiempos de cargues y en la generación de material fundido. **(Ver anexo I)**

8.3 RECUPERACIÓN DE ALUMINIO EN LA ESCORIA

8.3.1 Planteamiento del Problema

Las escorias son un subproducto indeseable en todos los procesos que involucran al aluminio fundido y dependiendo de las condiciones de trabajo, representan entre el 2 y el 10% del peso del metal colado. Están constituidas principalmente por la capa oxidada que se forma sobre la superficie del metal fundido y por un porcentaje variable de aluminio (30-60%) atrapado mecánicamente. Dado lo anterior la empresa donaba este residuo a una un tercero y no podía recuperar el porcentaje de aluminio anteriormente mencionado que fácilmente puede ser utilizado nuevamente dentro del proceso productivo.

8.3.2 Aporte específico: Recuperación del Aluminio en la escoria para transformarlo en lingotes

En el área se encuentra un cuarto destinado únicamente para el almacenamiento temporal de la escoria, donde se procede abrir la misma para que se enfríe; una vez se encuentre fría los trabajadores de la firma externa JFJ la toman y la depositan en baldes para posteriormente disponerla en un molino rotatorio. Dicho molino cuenta con unas bolas internas de acero de aproximadamente 10 kg c/u

que al girar en el molino van separando la ceniza del aluminio residual. Luego tanto las cenizas como el aluminio se depositan en sacos los cuales tienen destinos diferentes.

A los sacos contenedores de la ceniza se les realiza una disposición que vaya acorde con las disposiciones ambientales vigentes, mientras que los sacos que contienen el aluminio residual son llevados a las instalaciones de la firma contratista JFJ y se les realiza el siguiente procedimiento:

El proceso tradicional para recuperar el aluminio contenido en las escorias, consiste en la trituración, tamización y fusión de la fracción gruesa en un horno rotativo, con una adición de sales fundentes protectoras. Como resultado de este proceso se forman dos fases líquidas inmiscibles, una metálica que se genera por la coalescencia de las gotas fundidas provenientes del aluminio atrapado y una segunda escoria, "escoria de recuperación", formada por las sales fundentes y la parte no metálica de la escoria tratada.

Uno, se utiliza un quemador de plasma para calentar la carga hasta alcanzar los 800°C, temperatura suficiente para fundir el aluminio. En este momento, se interrumpe el calentamiento y se comienza la inyección de argón para impedir la oxidación del metal. Se continúa rotando el horno por algún tiempo para aglomerar las gotas de aluminio atrapadas. Posteriormente se cuela el aluminio y luego con el horno inclinado y girando suavemente, se descarga por la boca la fracción no metálica en estado sólido.

Una vez realizado todo este procedimiento la firma contratista JFJ le regresa a la empresa un porcentaje equivalente de aluminio entre el 6 y el 8 % del total de la carga en forma de lingotes, los cuales son utilizados nuevamente dentro del proceso productivo. **(Ver anexo I).**

9. CONCLUSIONES

Luego de un periodo de 6 meses de poner en práctica cada uno de los aportes anteriores dentro del área de fundición de placas de Alúmina S.A, es importante poder destacar que esta nueva metodología de moldes variables ha logrado brindar una gama de beneficios tales como variedad de medida, mejor recobrado, mejor acabado superficial, mejor nivel productivo, entre muchas otras que se ven reflejadas si hacemos un punto de referencia a como se manejaba esta técnica anteriormente.

Igualmente los tiempos para el cargue y entrega del material fundido han mejorado notablemente y se cumple el tiempo de entrega de los productos tal y como se planifica dentro de la orden de producción.

En cuanto a la recuperación del porcentaje de aluminio que se genera en el proceso de escoriación es evidente que el área cuenta ahora con un porcentaje considerable de materia prima que antes se desperdiciaba y que sumado con la continuidad de este procedimiento se evidencias ganancias importantes para el área y el cumplimiento de sus indicadores.

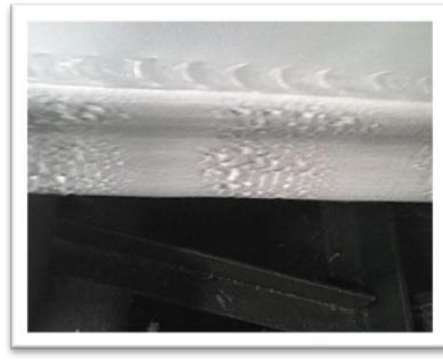
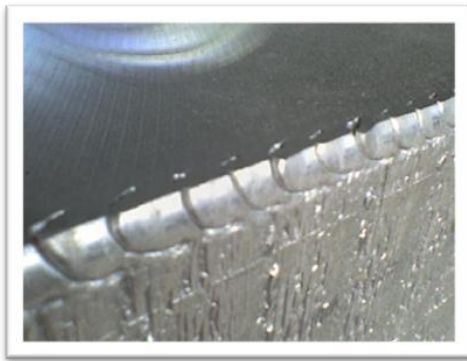
La composición de la aleación recuperada de la escoria es similar a la de partida, lo que permite que este aluminio residual sea incorporado nuevamente dentro de la cadena productiva y de esta manera disminuir la dependencia respecto a la provisión de materia prima.

Igualmente se logró evidenciar que un aspecto tan importante como la calidad del producto se puede ofrecer gracias a la implementación de esta tecnología de Mejoramiento Continuo.

10.RECOMENDACIONES

Como ningún proceso es perfecto el de Moldes Variables tampoco ha sido la excepción y es por esta razón que se identificaron algunos aspectos relevantes y se deja como recomendación para que se haga cumplimiento al mejoramiento continuo de cada proceso.

Cambio de los grado de los esquineros para tener mejor calidad en los bordes debido a que no se está dando un buen acabo al momento de realizar el escalpado y se evidencian escamas.



Bordes de Placas Defectuoso

Mejorar el agua de enfriamiento con un proceso de intercambio iónico debido a que esta agua por ser subterránea presenta un porcentaje de dureza considerable que al estar expuesta a altas temperaturas genera muchas incrustaciones de cloro en las placas formando una película blancuzca en la superficie de la misma.



Placas con Película Blanca Superficial

11.GLOSARIO

Coalescencia: Es la mezcla de diferentes aleantes para formar una sola aleación.

Colada: mezcla de elementos para formar una aleación.

Foil: Papel de aluminio.

Recobrado: Es el porcentaje de ganancia de los kilos de aluminio más los aleantes a fundir contra los kilos vaciados.

$$\% \text{ Recobrado} = \frac{(\text{kilos aluminios} + \text{aleantes}) - \text{kilos vaciado}}{\text{Kilos aluminios} + \text{aleantes}}$$

Revestimiento: Capa de aluminio donde se coloca las partículas de aleantes que no se alcanzaron a mezcla en la fundición.

Scrap: Chatarra

Stools: moldes de la mesa de colado

Tolva: mesa de apoyo para colocar la chatarra y empujarla a horno de fundición

BIBLIOGRAFÍA

- WAGSTAFF INGOT CASTING OPERATIONS MANUAL, COPYRIGHT BY WAGSTAFF, INC. 1997.
- WAGSTAFF INC. WWW.WAGSTAFF.COM. 2011.
- SISTEMA OPERATIVO ALÚMINA S.A. SIGA. 2005.
- H. GRIPENBERG, H. GRAB, H. FLESCHE, G. MÜLLERTHANN, "THIRD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RECYCLING OF METALS AND ENGINEERING MATERIALS, THE MINERALS METALS AND MATERIALS SOCIETY", ED. P.B. QUENAU & R.D. PETERSON, 1995, PP. 819828.
- HERAZO PADILLA NILSON (2012) MODELACIÓN MATEMÁTICA DEL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON RESTRICCIONES DE MÚLTIPLES DEPÓSITOS, FLOTA HETEROGÉNEA DE VEHÍCULOS Y VENTANAS DE TIEMPOS. BARRANQUILLA – (COLOMBIA): EDICIÓN UNICOSTA .
- PIERRE BARRNAD, ROBERT GADEAU ENCICLOPEDIA DEL ALUMINIO. VOL.2 METALURGIA ESTRUCTURAL DEL ALUMINIO FUSIÓN Y COLADA DE PLACAS Y TOCHOS FABRICACIONES ANEXAS, URMO
- AYRES, FRANK. CÁLCULO. TRADUCIDO POR YELKA MARÍA GARCÍA. 4 ED. BOGOTÁ D.C.: MCGRAW-HILL, 2001. 596 P.
- NABERTHERM GMBH, BAHNHOFSTR. 20, 28865 LILIENTHAL, ALEMANIA. [HTTP://WWW.NABERTHERM.COM/PRODUKTE/GIESSEREI/GIESSEREI_SPAN ISCH.PDF](http://www.naberttherm.com/produkte/giesserei/giesserei_spanisch.pdf)
- EL FINANCIERO, PÁGINA 16 A, MARTES 4 DE MAYO DE 1999. MÉXICO D.F.
- ENCICLOPEDIA HISPÁNICA TOMO I. ENCYCLOPAEDIA BRITANICA PUBLISHER,INC. 1ª. ED. USA. 1989 – 1990.

ANEXOS

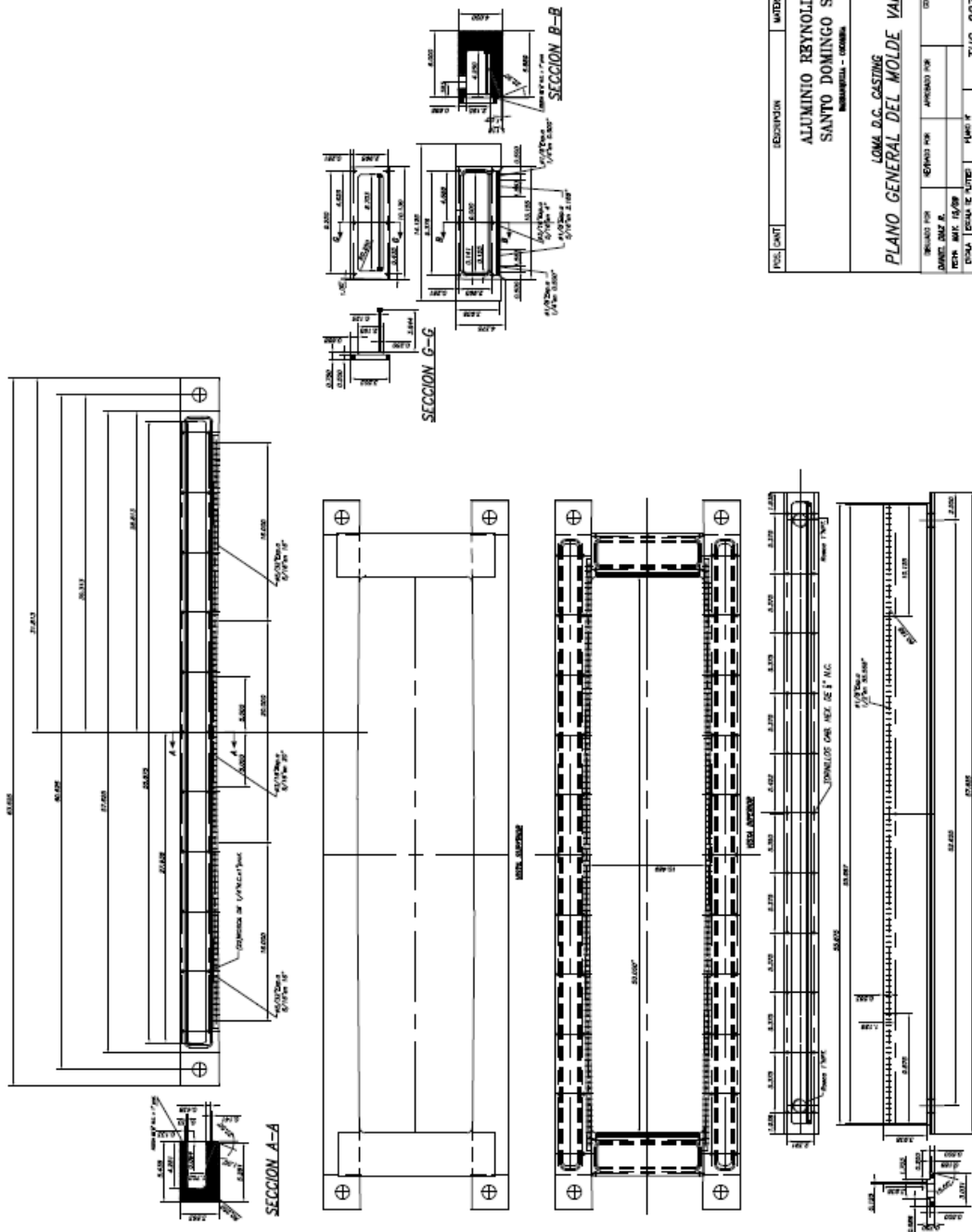
ANEXO I: INDICADORES DE FUNDICION DE PLACAS 2009-2011 para tener en

INDICADORES FUNDICION DE PLACAS 2009										
Colada	Aleación	KI Pig	KI Cha. Generada	KI Cha. Compras	KI Aleantes Componentes	KI Cargue	KI Buenos	KI Escoria	Tiempo Horas	% Escoria
930	3003	2051	5808	1988	66	9913	9796	1603	18,67	16,2
908	8112	4030	6453	0	48	10531	9480	1479	18,67	14,0
936	3003	2068	7111	2205	58	11442	11488	1615	18,83	14,1
1028	1050E	10823	9000	0	52	19875	16468	1130	19,08	5,7
932	3003	3050	7225	0	117	10392	9574	1443	19,17	13,9
1003	1050E	18431	0	0	94	18525	14674	1997	19,17	10,8
997	3003E	14711	2824	0	563	18098	16950	1148	19,42	6,3
926	3003	3994	7273	1766	112	13145	10512	1682	19,42	12,8
1001	8079	14239	4642	0	232	19113	17650	1463	19,5	7,7
970	3003E	16723	0	0	480	17203	17110	1021	19,5	5,9
927	3003	3052	6324	1832	60	11268	10518	1470	19,58	13,0
1187	1050E	15264	2981	0	52	18297	17640	2117	19,58	11,6
928	3003	2028	8292	2016	50	12386	9752	1406	19,58	11,4
1198	3104	3089	9651	4344	174	17258	17136	1799	22,3	10,4
982	8112	10826	6434	0	91	17351	16966	1352	21,4	7,8
909	8112	3472	15026	0	52	18550	18676	1763	20,08	9,5
1193	3003	4535	11613	0	66	16214	16946	1085	20,33	6,7
969	3003E	17629	0	0	500	18129	17178	1017	20,33	5,6
951	1050E	7197	5698	1254	14	14163	14854	1322	20,58	9,3
922	8112	10150	8388	0	136	18674	18728	1466	20,67	7,9
1476	8112D	22570	14385	0	180	37135	36020	1105	23,5	3,0
1489	3003	12126	1097	11173	878	25274	27306	1850	20,08	7,3
1342	8112	4427	9122	6005	9	19563	17571	1437	22,5	7,3
965	3003	0	16955	3186	90	20231	18396	1835	17,5	9,1
		5024964	4990256	1526917	107276	11649413	10734409	915004	22,83	8,02

INDICADORES FUNDICION DE PLACAS AÑO 2010										
COLADA	ALEACIÓN	KL PIG	KL CHA. GENERADA	KL CHA. COMPRAS	KL ALEANTES COMPONEN	KL CARGUE	KL BUENOS	KL ESCORIA	TIEMPO HORAS	% ESCORIA
1574	1050E	12220	5691	1260	25	19196	16676	550	13,75	2,9
1607	1050E	10245	6579	3000	40	19864	19670	700	17,17	3,5
1674	1050E	10287	6890	1000	10	18187	17412	218	14,75	1,2
1677	1050E	16303	2560	0	35	18898	16447	496	12,12	2,6
1699	1050E	10793	6718	0	10	17521	15136	502	15,83	2,9
1766	1050E	11326	3914	0	15	15255	13644	400	15,5	2,6
1767	1050E	8218	3234	0	11	11463	12171	449	13	3,9
1814	1050E	10487	4253	2000	16	16756	16230	236	18,33	1,4
1815	1050E	18036	7270	0	21	25327	25150	340	11,67	1,3
1863	1050E	7559	3357	0	24	10940	10250	486	10,5	4,4
2158	1050E	12172	6777	0	18	18967	17817	818	16,67	4,3
2271	1050E	13393	2173	0	5	15571	15108	370	15,08	2,4
1628	1100	15319	6431	0	216	21966	17818	480	12,08	2,2
1629	1100	14680	3103	500	305	18588	18104	306	12,17	1,6
1630	1100	13380	2243	3000	246	18869	20004	230	14,5	1,2
1642	1100	12964	3560	0	262	16786	19258	79	12,25	0,5
1655	1100	14964	4588	0	212	19764	17679	417	14,5	2,1
1662	1100	13283	6426	0	125	19834	17994	302	12,3	1,5
1663	1100	6251	6442	0	96	12789	14564	320	15,5	2,5
1664	1100	10778	4040	1880	136	16834	18323	750	15	4,5
1899	1100	12925	3408	0	118	16451	17475	400	10,75	2,4
1900	1100	14986	2217	0	69	17272	17255	380	9,17	2,2
2159	1100	19284	3796	3031	322	26433	26093	332	11,21	1,3
2272	1100	19043	0	0	254	19297	16450	430	11,08	2,2
		6357664	5004051	1964423	168355	13494493	12992663	501830	14,05	3,78

INDICADORES FUNDICION DE PLACAS AÑO 2011										
COLADA	ALEACIÓN	KL PIG	KL CHA. GENERADA	KL CHA. COMPRAS	KL ALEANTES COMPONENTES	KL CARGUE	KL BUENOS	KL ESCORIA	TIEMPO HORAS	% ESCORIA
2318	1050E	13798	4997	0	15	18810	15399	895	14	4,8
2320	1050E	11658	2452	0	10	14120	16183	221	13,92	1,6
2360	1050E	13175	5312	0	45	18532	18158	360	9,33	1,9
2383	1050E	14057	0	0	35	14092	13618	488	9,5	3,5
2408	1050E	9400	6233	0	10	15643	18927	420	13,5	2,7
2409	1050E	12000	4200	0	10	16210	13592	863	13	5,3
2433	1050E	12891	4162	0	25	17078	13481	367	13,5	2,1
2434	1050E	8490	9218	0	12	17720	19356	470	17,83	2,7
2473	1050E	14279	5346	0	43	19668	15205	502	8,67	2,6
2474	1050E	8151	6219	0	10	14380	17976	756	10,33	5,3
2527	1050E	12310	6000	0	15	18325	18087	419	11,42	0,0
2384	1100	13952	0	773	172	14897	15386	230	7,83	1,5
2425	1100	13029	3777	0	233	17039	15950	842	16,58	4,9
2507	1100	13101	2030	0	156	15287	14716	166	10,5	1,1
2309	3003	3046	13714	3859	139	20758	20030	934	18	4,5
2343	3003	3000	4000	13002	96	20098	19459	950	12,33	4,7
2344	3003	3140	11812	2257	96	17305	18459	838	10,33	4,8
2346	3003	3145	8000	5001	208	16354	14767	1553	11,33	9,5
2347	3003	3555	8605	5409	150	17719	15243	646	13,58	3,6
2356	3003	3300	5177	9264	210	17951	17056	680	15,5	3,8
2419	8112	6000	8461	5105	15	19581	17710	868	17,33	4,4
2420	8112	4797	3534	10719	19	19069	19133	676	14,17	3,5
2404	8006	6000	11124	0	194	17318	16684	769	11,92	4,4
2405	8006	11976	16605	0	298	28879	18045	953	11,67	3,3
		1432190	1770834	650979	37246	3891249	3733517	157732	14,11	3,99

ANEXO II: PLANO GENERAL MOLDES VARIABLES

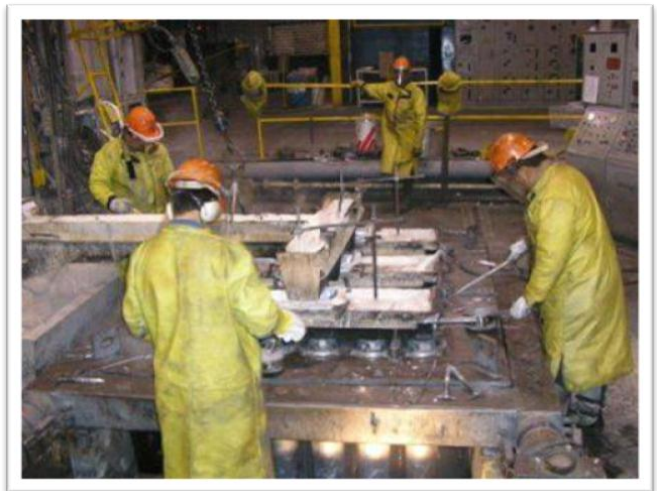


ANEXO III: FOTOGRAFIAS MESAS DE COLADO (MOLDES VARIABLES)

Mesa de Colado



Colado de las Placas

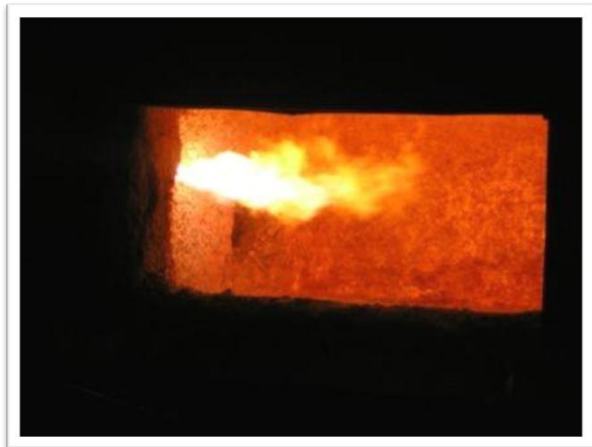


ANEXO IV: CARGUE DE HORNOS

**Cargue de los Hornos por
Densidades**



Quemador del Horno



ANEXO V: ESCORIADO

**Proceso de Escoriación del
Horno**



Horno para tratamiento de Escoria



Sacos de almacenamiento de ceniza y Aluminio residual



Ceniza



FOTOS DE HORNOS

Hornos de crisol basculante KB
calentamiento por gas, para fundir y mantener el calor



FOTO 1

Hornos de crisol TBR con recuperador
calentamiento por gas, para fundir
y mantener el calor



FOTO 2

Hornos de crisol basculante KC y hornos de crisol TC
calentamiento por barras de SiC, para fundir



FOTO 3

Hornos de crisol basculante K (aislamiento de ladrillo) y KF (aislamiento de fibra)
calentamiento eléctrico, para fundir y conservar calor



FOTO 4

Hornos de fusión en versiones individualizadas para el cliente



K 240/12 con plataforma elevadiza para cargar y colar a dis-
niveles de altura



Cazo de transporte combinado con calentamiento eléctrico
TRP 240/S para fundir, mantenimiento de calor y transportar



K 240/11 para fundir plomo

FOTO 5

Hornos de cazo TB

calentamiento por gas, para fundir y mantener el calor



TB 20/14



TB 240/12

FOTO 6

Hornos de cazo T (aislamiento de ladrillo) y TF (aislamiento de fibra)
calentamiento eléctrico, para fundición y mantenimiento de calor



T 110/11



TF 150/11

FOTO 7



Instalación de mesa giratoria con 3 x T 150/11

FOTO 8

Hornos de fusión de laboratorio
calentamiento eléctrico



K 2/10 como horno de achique con crisol de acero para fundir plomo



KC 2/15

FOTO 9

Hornos de cazo T ./10
calentamiento eléctrico, para mantener el calor



T 150/10

FOTO 10

Hornos de cazo transportables TM
calentamiento eléctrico,
para mantener el calor del aluminio



Horno transportable de mantenimiento del calor
TM 80/10

FOTO 11